

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

JC841 U.S. PRO  
09/772894  
01/31/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
いる事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

2000年 3月30日

出 願 番 号  
Application Number:

特願2000-094097

出 願 人  
Applicant (s):

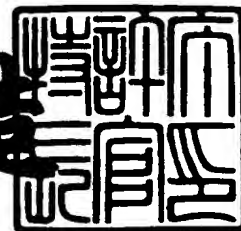
株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年12月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



【書類名】 特許願

【整理番号】 12436101

【提出日】 平成12年 3月30日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 5/00

【発明の名称】 熱アシスト磁気記録ヘッド及びその製造方法と熱アシスト磁気記録装置

【請求項の数】 8

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究開発センター内

【氏名】 市 原 勝太郎

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 株式会社東芝 研究開発センター内

【氏名】 秋 山 純 一

【特許出願人】

【識別番号】 000003078

【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地

【氏名又は名称】 株式会社 東 芝

【代理人】

【識別番号】 100064285

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 一 雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100088889

【弁理士】

【氏名又は名称】 橘 谷 英 俊

【選任した代理人】

【識別番号】 100082991

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐 藤 泰 和

【選任した代理人】

【識別番号】 100108062

【弁理士】

【氏名又は名称】 日 向 寺 雅 彦

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004444

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 熱アシスト磁気記録ヘッド及びその製造方法と熱アシスト磁気記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

記録層を有する記録媒体に沿って配置される加熱源と記録磁極とを備え、前記加熱源から放出される熱線により前記記録媒体を加熱昇温して前記記録層の保磁力を低下させ、この保磁力が低下した前記記録層に前記記録磁極から記録磁界を印加することにより磁気的情報を記録可能とした熱アシスト磁気記録ヘッドであって、

前記加熱源の前記熱線を放出する放出部は前記記録媒体からみて前記記録磁極の先端よりも後退して設けられ、前記記録磁極の前記先端は前記加熱源と前記媒体との間に突出して設けられたことを特徴とする熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 2】

前記加熱源から放出される前記熱線の少なくとも一部を前記記録媒体方向に通過させる開口が前記記録磁極の前記先端の近傍に設けられたことを特徴とする請求項 1 記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 3】

前記加熱源は、活性層とクラッド層とを有する端面発光型の半導体レーザ素子であり、

前記記録磁極の前記先端は、前記半導体レーザ素子のクラッド層と前記記録媒体との間に突出して設けられたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 4】

前記加熱源と前記記録媒体との間に、前記熱線を集束させる集束手段が設けられたことを特徴とする請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 つに記載の熱アシスト磁気記録ヘッド。

【請求項 5】

磁気記録媒体と、

請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 つに記載の熱アシスト磁気記録ヘッドと、  
を備えたことを特徴とする熱アシスト磁気記録装置。

【請求項 6】

記録層を有する記録媒体に加熱素子部から放出される熱線により前記記録媒体を加熱昇温して前記記録層の保磁力を低下させ、この保磁力が低下した前記記録層に記録磁極から記録磁界を印加することにより磁気的情報を記録可能とした熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法であって、

前記記録磁極を形成するための第 2 の基板の上の一部に、前記加熱素子部を形成するための第 1 の基板を接合する工程と、

前記第 1 の基板の上に前記加熱素子部を形成する工程と、

前記加熱素子部の前記熱線の放出経路に透光性部材を形成する工程と、

前記加熱素子部上、前記透光性部材上及びその周囲の前記第 2 の基板上に、前記記録磁極を形成する工程と、

を備え、

前記透光性部材は、前記記録磁極の先端が前記加熱素子部と記録媒体との間に突出するようにその厚みが分布を有することを特徴とする熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 7】

記録層を有する記録媒体に加熱素子部から放出される熱線により前記記録媒体を加熱昇温して前記記録層の保磁力を低下させ、この保磁力が低下した前記記録層に記録磁極から記録磁界を印加することにより前記記録媒体に磁気的情報を記録可能とした熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法であって、

第 1 の基板の上に前記加熱素子部を形成する工程と、

前記記録磁極を形成するための第 2 の基板の上に、前記加熱素子部が形成された前記第 1 の基板を接合する工程と、

前記第 1 の基板あるいは前記第 2 の基板の少なくともいずれかの上において透光性部材を前記加熱素子部の前記熱線の放出経路に形成する工程と、

前記加熱素子部上、前記透光性部材上及びその周囲の前記第 2 の基板の上に前記記録磁極を形成する工程と、

を備え、

前記透光性部材は、前記記録磁極の先端が前記加熱素子部と記録媒体との間に突出するようにその厚みが分布を有するように形成されることを特徴とする熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法。

【請求項 8】

記録層を有する記録媒体に加熱素子部から放出される熱線により前記記録媒体を加熱昇温して前記記録層の保磁力を低下させ、この保磁力が低下した前記記録層に記録磁極から記録磁界を印加することにより前記記録媒体に磁気的情報を記録可能とした熱アシスト磁気記録装置の製造方法であって、

第 1 の基板の上に、前記加熱素子部を形成する工程と、

第 2 の基板の上に、先端を上方にした記録磁極を形成する工程と、

前記第 1 の基板と前記第 2 の基板とを対向させ、前記記録磁極の前記先端が前記加熱素子部と記録媒体との間に突出するように前記加熱素子部と前記記録磁極とを接合する工程と、

を備えたことを特徴とする熱アシスト磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、熱アシスト磁気記録ヘッド及びその製造方法と熱アシスト磁気記録装置に関し、より詳細には、媒体を加熱して磁気的情報の記録を行う熱アシスト磁気記録において加熱ビームと記録磁極とを近接して設けることにより加熱と磁気書き込みとを最適なタイミングで行うことができる熱アシスト磁気記録ヘッド及びその製造方法とそれを用いた熱アシスト磁気記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

磁気的に情報の記録再生を行う磁気記録装置は、大容量、高速、安価な情報記憶手段として発展を続けている。特に、近年のハードディスクドライブ（HDD）の進展は著しく、製品レベルで記録密度は 10 G b p s i (Giga bits per square inch) を、内部データ転送速度は 100 M b p s (Mega bits per second)

を超え、メガバイト単価は数円／MBに低価格化している。HDDの高密度化は、信号処理、メカ・サーボ、ヘッド、媒体、HDIなど複数の要素技術の集大成として進展してきているが、近年、媒体の熱擾乱問題がHDDの高密度化の阻害要因として顕在化しつつある。

#### 【0003】

磁気記録の高密度化は、記録セル（記録ビット）サイズの微細化により実現するが、記録セルの微細化により媒体からの信号磁界強度が減少するため、所定の信号対雑音比（S／N）を確保する上では、媒体ノイズの低減化が必須となる。媒体ノイズの主因は、磁化転移部の乱れであり、乱れの大きさは媒体の磁化反転単位に比例する。磁気媒体には多結晶磁性粒子からなる薄膜（本願明細書においては、「多粒子系薄膜」あるいは「多粒子系媒体」と称する）が用いられているが、多粒子系薄膜の磁化反転単位は、粒子間に磁氣的な交換相互作用が作用する場合は、交換結合された複数の磁性粒子から構成される。

#### 【0004】

従来、例えば数100Mbpsから数Gbpsの記録密度においては、媒体の低ノイズ化は、主に磁性粒子間の交換相互作用を低減し磁化反転単位を小さくすることにより実現してきた。最新の10Gbps級の磁気媒体では、磁化反転単位は磁性粒子2-3個分にまで縮小されており、近い将来、磁化反転単位は磁性粒子一つに相当するまで縮小するものと予測される。

#### 【0005】

従って今後さらに磁化反転単位を縮小して所定のS／Nを確保するためには、磁性粒子の大きさ自身を小さくする必要がある。磁性粒子の体積をVとおくと粒子の持つ磁氣的エネルギーは $K_u V$ で表わされる。ここで $K_u$ は粒子の磁気異方性エネルギー密度である。低ノイズ化のためにVを小さくすると $K_u V$ が小さくなり室温付近の熱エネルギーによって記録情報が乱れる、という熱擾乱問題が顕在化する。

#### 【0006】

Shallokらの解析によれば、粒子の磁氣的エネルギーと熱エネルギー（ $kT$ ； $k$ ：ボルツマン定数、 $T$ ：絶対温度）の比、 $K_u V / kT$ は100程度の

値でないと記録寿命の信頼性を損ねる。従来から媒体磁性膜に用いられてきたC o C r 基合金のK u ( $2 - 3 \times 10^6 \text{ erg/cc}$ ) では、低ノイズ化のために粒径微細化を進めると熱擾乱耐性の確保が困難な状況に至りつつある。

#### 【0007】

そこで近年、C o P t, F e P d など  $10^7 \text{ erg/cc}$  以上のK u を示す磁性膜材料が注目を浴びてきているが、粒径微細化と熱擾乱耐性を両立するために、単純にK u を上げると別の問題が顕在化する。それは記録感度の問題である。すなわち、媒体磁性膜のK u を上げると媒体の記録保磁力H c 0 ( $H c 0 = K u / I s b$  と定義され、ここでI s b は媒体磁性膜の正味の磁化を表す) が上昇し、H c 0 に比例して飽和記録に必要な磁界が増加する。

#### 【0008】

記録ヘッドから発生し媒体に印加される記録磁界は記録コイルへの通電電流の他に、記録磁極材料、磁極形状、スペーシング、媒体の種類、膜厚などに依存するが、高密度化に伴い記録磁極先端部のサイズが縮小することを考慮すると、発生磁界の大きさには限界がある。

#### 【0009】

例えば、最も発生磁界の大きな単磁極ヘッドと軟磁性裏打ち垂直媒体の組合せでも、記録磁界の大きさは高々10kOe (Oe : エルステッド) 程度が限界である。一方で将来の高密度・低ノイズ媒体に必要な5nm程度の粒径で、十分な熱擾乱耐性を得る上では、 $10^7 \text{ erg/cc}$  以上のK u を示す磁性膜材料を採用する必要があるが、その場合、室温付近における媒体の記録に必要な磁界は10kOe を軽く上回るため、記録ができなくなる。従って単純に媒体のK u を増加させてしまうと、記録自体ができないという問題が顕在化するのである。

#### 【0010】

以上説明したように、従来の多粒子系媒体を用いた磁気記録では、低ノイズ化、熱擾乱耐性の確保、記録感度の確保がトレードオフの関係にあり、これが記録密度の限界を決定する本質的な問題となった。

#### 【0011】

この問題を解決する方法として、熱アシスト磁気記録方式が考えられる。多粒



子系媒体を用いる熱アシスト磁気記録方式では、十分にノイズが低くなる程度に微細な磁性粒子を用い、熱擾乱耐性を確保するために室温付近で高い $K_u$ を示す記録層を用いることが望ましい。このような大きな $K_u$ を有する媒体は、室温付近では記録に必要な磁界が記録ヘッドの発生磁界を上回り記録不能である。これに対して、熱アシスト磁気記録方式においては、記録磁極の近傍に光ビームなどを用いた媒体加熱手段を配し、記録時に局所的に媒体を加熱し加熱部の $H_c0$ をヘッドからの記録磁界以下に低下させて記録する。

#### 【0012】

##### 【発明が解決しようとする課題】

この基本コンセプトを実現する上での重要なポイントは、（１）加熱中もしくは加熱直後の媒体が冷却する前のタイミングで記録磁界を供給して記録を完了すること、（２）記録完了後、媒体が十分に冷却するまでに熱擾乱の影響で記録磁化が再反転するのを防止すること、（３）隣接トラックを加熱して隣接磁化転移を熱擾乱で破壊することの無いように記録磁極の幅程度の微小領域のみを選択的に加熱すること、である。

#### 【0013】

上記要求を満たすためには、第１に、熱源から放出される熱線のエネルギー密度が、媒体を所定の温度（ $H_c0$ が記録磁界よりも小さくなる温度）に昇温可能な程度に十分大きいこと、第２に、熱源から放出される熱線を媒体に照射する部分（開口）と記録磁極先端部とが、開口の記録トラック方向の長さの数倍程度以下の距離に近接して配置されること、が必須である。

#### 【0014】

上記第１の要求を満たすためには、高出力の端面発光レーザ素子もしくは電子ビームエミッターを熱源として採用するのが良いが、特にこの中、端面発光レーザ素子を用いる場合には、上記第２の要求を満たすのが困難であった。何故ならば、端面発光レーザ素子の基本構造は、基板上に第１の電極、膜厚 $1\mu\text{m}$ 程度の第１クラッド層、膜厚数 $10\sim$ 数 $100\text{nm}$ の活性層、膜厚 $1\mu\text{m}$ 程度の第２クラッド層を有し、活性層を中心に光を放出するため、光放出部と記録磁極先端部を近接配置させるためには、例えば第２クラッド層中に記録磁極を埋め込む必要

性が有る。しかしながら、クラッド層中に金属が配される形態では、レーザ素子の発光性能を低下させてしまうおそれがある。

【0015】

また、高密度記録を行うためには、レーザ素子の発光面側に微小光学開口を設けるのが好ましいが、レーザ素子と記録磁極部を薄膜工程で作成した後に、劈開し必要に応じてデプスエンド制御のための研磨を行う形態では、光学開口を設けるための金属膜を劈開もしくは研磨後に形成する必要があるため、この金属膜厚分だけ記録磁極と媒体の磁氣的スペーシングが広がり、記録分解能を低下させてしまうおそれもある。

【0016】

本発明は、かかる課題の認識にもとづいてなされたものである。すなわち、その目的は、熱アシスト磁気記録装置、例えば端面発光レーザ素子を熱源とする熱アシスト磁気記録装置において、媒体を加熱するに足るエネルギー密度を損うことなく、加熱ビームと記録磁極を近接配置可能な構造を有する熱アシスト磁気記録ヘッド及びその製造方法とそれを用いた熱アシスト磁気記録装置を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドは、記録層を有する記録媒体に沿って配置される加熱源から放出される熱線により前記記録媒体を加熱昇温して前記記録層の保磁力を低下させ、この保磁力が低下した前記記録層に記録磁極から記録磁界を印加することにより磁氣的情報を記録可能とした熱アシスト磁気記録ヘッドであって、前記記録媒体に対して前記加熱源の前記熱線を放出する放出部が前記記録磁極の先端よりも後退して設けられ、前記記録磁極の前記先端が前記加熱源と前記媒体との間に突出して設けられたことを特徴とする。

【0018】

ここで、前記加熱源から放出される前記熱線の少なくとも一部を前記記録媒体方向に通過させる開口が前記記録磁極の前記先端の近傍に設けられたものとして

も良い。

【 0 0 1 9 】

また、前記加熱源は、活性層とクラッド層とを有する端面発光型の半導体レーザ素子であり、前記記録磁極の前記先端は、前記半導体レーザ素子のクラッド層と前記記録媒体との間に突出して設けられたものとしても良い。

【 0 0 2 0 】

また、前記加熱源と前記記録媒体との間に、前記熱線を集束させる集束手段を設けても良い。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の熱アシスト磁気記録装置は、磁気記録媒体と、前記したいずれかの記録ヘッドとを備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

または、加熱素子部から放出される熱線により記録媒体を加熱昇温して記録部の保磁力を低下させ、この保磁力が低下した記録部に記録磁極からの記録磁界を印加することにより前記記録媒体に磁気的情報を記録可能とした熱アシスト磁気記録装置であって、前記磁気ヘッド部を形成するための第1の基板上の一部に前記加熱素子部を形成するための第2の基板が接合され、前記第2の基板の上に前記加熱素子部が形成され、前記加熱素子部の上及びその周囲の前記第1の基板の上に前記磁気ヘッド部が形成されてなる。

【 0 0 2 3 】

一方、本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法は、記録層を有する記録媒体に加熱素子部から放出される熱線により前記記録媒体を加熱昇温して前記記録層の保磁力を低下させ、この保磁力が低下した前記記録層に記録磁極からの記録磁界を印加することにより磁気的情報を記録可能とした熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法であって、前記記録磁極を形成するための第2の基板の上の一部に、前記加熱素子部を形成するための第1の基板を、接合する工程と、前記第1の基板の上に前記加熱素子部を形成する工程と、前記加熱素子部の前記熱線の放出経路に透光性部材を形成する工程と、前記加熱素子部上、前記透光性部材上及びその周囲の前記第2の基板上に、前記記録磁極を形成する工程と、を備え、前

記透光性部材は、前記磁気記録素子部の記録磁極の先端が前記加熱素子部と記録媒体との間に突出するようにその厚みが分布を有することを特徴とする。

## 【 0 0 2 4 】

または、本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法は、記録層を有する記録媒体に加熱素子部から放出される熱線により前記記録媒体を加熱昇温して前記記録層の保磁力を低下させ、この保磁力が低下した前記記録層に記録磁極からの記録磁界を印加することにより磁気的情報を記録可能とした熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法であって、第1の基板の上に前記加熱素子部を形成する工程と、前記記録磁極を形成するための第2の基板の上に、前記加熱素子部が形成された前記第1の基板を接合する工程と、前記第1の基板あるいは前記第2の基板の少なくともいずれかの上において透光性部材を前記加熱素子部の前記熱線の放出経路に形成する工程と、前記加熱素子部上、前記透光性部材上及びその周囲の前記第2の基板の上に前記記録磁極を形成する工程と、を備え、前記透光性部材は、前記記録磁極の記録磁極の先端が前記加熱素子部と記録媒体との間に突出するようにその厚みが分布を有することを特徴とする。

## 【 0 0 2 5 】

または、本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法は、記録層を有する記録媒体に加熱素子部から放出される熱線により前記記録媒体を加熱昇温して前記記録層の保磁力を低下させ、この保磁力が低下した前記記録層に記録磁極からの記録磁界を印加することにより磁気的情報を記録可能とした熱アシスト磁気記録ヘッドの製造方法であって、第1の基板の上に、前記加熱素子部を形成する工程と、第2の基板の上に、先端を上方にした記録磁極を形成する工程と、前記第1の基板と前記第2の基板とを対向させ、前記記録磁極の前記先端が前記加熱素子部と記録媒体との間に突出するように前記加熱素子部と前記記録磁極とを接合する工程と、を備えたことを特徴とする。

## 【 0 0 2 6 】

本願明細書において、「加熱源」あるいは「加熱素子部」とは、加熱手段として通常一体的に観念される部分であって、隣接して形成される記録磁極とは、材料的あるいは構造的に異なる部分をいう。例えば、半導体レーザを「加熱源」あ

るいは「加熱素子部」として用いる場合には、活性層の上下に積層された光ガイド層やクラッド層あるいはコンタクト層や電流ブロック層などの半導体層は、「加熱源」あるいは「加熱素子部」に含まれる。これらは、半導体レーザとして通常一体的に形成されるものであり、隣接する磁気ヘッドに用いられる磁性材料などとは、明確に異なるものであるからである。

【0027】

また、電子ビームエミッタを「加熱源」あるいは「加熱素子部」として用いる場合は、電子ビームが放出される先端の一体的な部分をいう。例えば、電子ビームがエミッタコーンから放出される場合には、エミッタコーン全体が「加熱源」あるいは「加熱素子部」に含まれる。また、電子ビームが開口を有するウエンネルトから放出される場合には、ウエンネルトは「加熱源」あるいは「加熱素子部」に含まれる。

【0028】

また、「熱線を放出する放出部」とは、レーザ素子の場合はレーザ光が放出される発光部を意味し、エミッタコーンを有する電子エミッタの場合はエミッタコーン先端部を意味する。

【0029】

本発明において、記録磁極の先端は、媒体面から、媒体保護膜+グライドハイト+浮上量+ヘッド保護膜分（スペーシング）離れているが、これらの総和は高々数10nm、将来的には10nmあるいはそれ以下である。本発明においては、熱線の放出部と記録媒体との間の距離は、前記したスペーシングよりも長く規定され、熱線放出部と媒体間の距離と、記録磁極先端部と媒体間の距離の差が熱線放出部のリセス（後退）に相当する。加熱源から放出した熱線はこのリセス空間とスペーシング空間を伝播し、媒体に照射される。

【0030】

リセス空間とスペーシング空間の間には開口を有する隔壁を設けて、熱線の一部を開口を通じて媒体に照射しても良いし、特に隔壁を設けずに、熱線の殆ど全てを媒体に照射しても良い。開口を有する隔壁を設けた方が、高密度化には有利であり、特に隔壁を設けない形態では加熱効率的には有利である。開口を有す

る隔壁を設ける場合には、開口は特にリセスせずに記録磁極先端部面と略同一面をなすように形成される。開口もしくは熱線の中心と記録磁極先端部は、開口もしくは熱線の記録トラック方向の距離の数倍以下程度に近接配置するのが良い。この様にする事で媒体が十分に昇温し  $Hc0$  が十分に低下しているタイミングで記録磁界を印加することが可能となる。

## 【 0 0 3 1 】

本発明の効果が最も顕著なのは、熱源として高出力の端面発光レーザ素子を用いる形態である。本発明を端面発光レーザ素子に適用すれば、レーザ素子自身には何ら加工を施すことなく、レーザビーム中心と記録磁極先端部の距離を縮めることが可能なため、十分に高い発光エネルギー密度を損うことなく、確実な記録動作が実現できる。

## 【 0 0 3 2 】

リセス空間は熱線に対して透過性を有する材料で充填されるのが良い。リセス空間とスペーシング空間の間に隔壁を設けない場合でも、透過性材料で充填する事によって記録磁極の形成が容易となる。隔壁を設ける場合は、透過性材料の開口が設けられる面に非透過性（反射性が良い）材料を形成して、この非透過性材料の熱線中心部付近に微小開口を設ければ良い。非透過性材料の形成は、光素子一体型の磁気素子を薄膜工程で形成しチップングした後に A B S (air bearing surface) 面（媒体対向面）側から行っても、熱源素子を薄膜工程で形成し、熱源素子の A B S 面側に透過性材料を形成した後に行っても良い。後者の形態の方が、非透過性材料の厚みがスペーシングに含まれることが無いので、記録分解能を高める上では好ましい。

## 【 0 0 3 3 】

本発明の熱アシスト磁気記録ヘッドの製造は、磁気記録素子基板と熱源素子基板を接合した後、薄膜工程をモノリシックに行う方法と、熱源素子を形成した後に、磁気記録素子基板に熱源素子を接合し、その後、磁気記録素子を薄膜工程で形成する方法と、磁気記録素子を形成した後に、熱源素子の形成された基板を自己整合的に接合する方法が挙げられる。いずれの方法においても、熱源素子の熱線放出部（レーザ素子の場合には発光面）の加工は好ましくは R I E (reactive

ion etching) などの薄膜加工プロセスで形成される。

【 0 0 3 4 】

発光面を R I E などの薄膜プロセスで実施する場合は、例えば磁気記録素子の形成されるべき基板、代表的にはアルチックウェファー基板などの上に、熱源素子の設けられる基板、熱源がレーザ素子の場合は代表的には G a A s ウェーハもしくは C 面サファイア基板などを接合する。二つの基板の接合は、熱源素子の成長温度以上の耐熱性を有する接合層を介して行われる。例えば、熱拡散接合、金属溶着、セラミクス系ボンディングなどを用いることができる。

【 0 0 3 5 】

次に、熱源素子基板上に熱源素子を成長させてウェファー上で熱源素子を島状に分離する。前記した島状分離の際に発光面を例えば R I E 加工で形成する。その後、発光面と A B S になる面の間のリセス部にレーザ波長に対して透明な部材を形成し加工後、A B S 面に例えば反射性材料からなる隔壁を形成する。

【 0 0 3 6 】

リセスの長さはその部分に記録主磁極が埋設される程度の大きさとするのが良く、好ましくは  $1 - 6 \mu m$  程度、さらに好ましくは  $2 - 4 \mu m$  程度とする。隔壁の厚みは最終的にデプスエンド加工を施す事を考慮して設計値よりも厚く形成しておく。光学開口はこの時点で隔壁中央部付近に例えば F I B 加工などで設けても良い。開口部は空隙のままでも透明部材で充填しても良い。その後、リセス部と隔壁部を加工して記録主磁極先端部と開口が近接配置される様にする。

【 0 0 3 7 】

その後は記録素子部、再生素子部を順次薄膜工程で作成する。薄膜工程完了後はアルチック基板をチップ切断しスライダー加工を施し、デプスエンド加工すれば本発明の熱磁気記録装置に搭載される熱源一体型磁気ヘッド素子が完成する。

【 0 0 3 8 】

2 番目の熱源素子を形成した後に、磁気記録素子基板に熱源素子を自己整合的に接合し、その後、磁気記録素子を薄膜工程で形成する方法の利点は、磁気記録素子基板と熱源素子基板の接合材料、接合方法の選択肢が広い所にある。

【 0 0 3 9 】

熱源素子としてレーザ素子を用いる場合、レーザ素子の結晶成長温度は1000℃以下程度、一方で磁気記録素子の形成温度は300℃以下程度なので、前記した一番目の方法では、接合部はレーザ素子の成長温度に耐える必要が有るが、この二番目の方法を採用すれば、接合部は磁気記録素子の形成温度に耐えられれば良いことになる。熱源素子、例えば端面レーザ素子を成長して島状に素子分離後、レーザ素子基板を、磁気記録素子基板に接合し、磁気記録素子をレーザ素子上に形成していけば良い。

#### 【0040】

3番目の、磁気記録素子を形成した後に、熱源素子の形成された基板を自己整合的に接合する方法では、基板同士の接合は不要である。この場合は、磁気記録素子と熱源素子は個別に薄膜形成するハイブリッド型のプロセスに相当し、磁気記録素子は最表面に記録主磁極を配する構成にして、主磁極上に二次元的な例えば凸状の接合パターンを形成する。

#### 【0041】

この凸パターンを形成する際に用いたマスクを用いて、熱元素子の表面に例えば凹状のパターンを形成し、前記凸パターンと凹パターンがアラインする様に接合する。この様な自己整合的な接合を行う事により、ハイブリッドタイプの素子でありながら、PEPと同等の高い精度で二つの素子を接合することが可能となる。

#### 【0042】

##### 【発明の実施の形態】

以下、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について詳細に説明する。

#### 【0043】

##### （第1の実施の形態）

図1は、本発明の第1の実施の形態にかかる熱アシスト磁気記録ヘッドの要部構成を概念的に表す断面図である。図中の符号1は光・磁気一体型ヘッド素子の基板、2は端面発光レーザ素子部、3は磁気記録再生素子部、4は磁気媒体部をそれぞれ表す。

#### 【0044】



本発明の熱アシスト磁気記録装置のひとつの特徴は、熱源としてのレーザ素子部 2 が媒体 4 からリセス（後退）して設けられ、このリセスにより生じた空間に磁気記録再生素子部 3 から記録ヘッドの主磁極 3 1 の先端 3 1 T が突出している点にある。つまり、レーザ素子 2 は同図中に矢印 Y で表した方向に媒体 4 からリセスしている。そして、レーザ素子 2 の前方に主磁極の先端 3 1 T が符号 X で表した方向に突出するように形成されている。

## 【 0 0 4 5 】

このような独特の構成を採ることにより、レーザ素子 2 から放出されるレーザ光 B と記録ヘッド主磁極の先端 3 1 T とをごく近傍に近接させることができる。その結果として、レーザ光 B により加熱された媒体が冷却される前の最適なタイミングで主磁極 3 1 により磁気的情報を確実に媒体に書き込むことができるようになる。

## 【 0 0 4 6 】

本発明者の検討の結果、例えば媒体 4 0 の線速度が 1 0 m / 秒で媒体の冷却速度が  $2 \sim 3 \times 10^{10}$  K / 秒 (  $20 \sim 30$  K / nsec ) とすると、レーザ光 B と主磁極先端 3 1 T とを、  $0.05 \mu\text{m}$  以下の間隔に近接して設ける必要があることが分かった。

## 【 0 0 4 7 】

すなわち、熱アシスト磁気記録においては、加熱部近傍に記録磁界を印加できなければ意味がない。光記録系の相変化媒体や光磁気記録媒体の熱応答速度は、数 1 0 ( K / nsec ) である。光記録媒体と磁気記録媒体では熱応答速度が若干異なるが、この光記録系の熱応答速度を目安に説明すると、以下の如くである。

## 【 0 0 4 8 】

例えば、熱アシスト磁気記録における記録温度を、光磁気媒体並みの  $250^{\circ}\text{C}$  付近に選ぶとすると、加熱後 1 0 ナノ秒程度の時間の経過で、媒体は室温付近まで冷却されてしまう。線速が 1 0 ( m / 秒 ) の場合、加熱位置と記録磁界印加位置とが 1 0 0 ナノメートルも離れてしまうと、熱アシスト磁気記録が不能ということになる。

## 【 0 0 4 9 】

両者の間隔がこれよりも大きくなると、レーザ光 B により加熱された媒体は主磁極先端 3 1 T に到達する前に冷却されてしまい、記録が不完全となる虞がある。記録再生システムのパフォーマンスを改善するためには、媒体の線速度はさらに早くすることが望ましいため、レーザ光 B と主磁極先端 3 1 T は、さらに近接させる必要も生じ得る。

## 【 0 0 5 0 】

レーザ素子 2 として、いわゆる端面発光型の半導体レーザを用いた場合には、従来技術に関して前述したように、レーザ光 B を放出する活性層 2 2 の上下にはクラッド層 2 3 などの層厚が数  $\mu\text{m}$  の半導体層を設ける必要がある。従って、レーザ素子 2 と主磁極 3 1 とを単に並列させただけでは、上述したように近接させることは難しい。

## 【 0 0 5 1 】

本発明においては、レーザ素子 2 を媒体 4 からリセスさせ、その前方に主磁極の先端 3 1 T が突出するように構成することによって、レーザ光 B と主磁極先端 3 1 T とを十分に近接して配置することが可能となる。

## 【 0 0 5 2 】

なお、図 1 においては、一例として端面発光型のレーザ素子 2 を例示したが本発明は、これに限定されるものではなく、この他にも例えば、面発光型のレーザ素子あるいはその他の発光素子であっても良く、または、加熱源としての電子ビーム放出部であっても良い。これらいずれの場合にも、発光素子あるいは、電子ビーム放出部を媒体からリセスさせ、その前方に記録ヘッドの主磁極先端 3 1 T をせり出すように構成することにより、加熱ビームと主磁極先端 3 1 T とを十分に近接させ、媒体の加熱と磁気書き込みとを最適なタイミングで実行することが可能となる。

## 【 0 0 5 3 】

以下、図 1 の構成の詳細について具体例を挙げつつ説明する。

## 【 0 0 5 4 】

まず、ヘッド素子基板 1 としては、モノリシックプロセスで素子形成する場合には、例えば C 面サファイアや GaAs などのレーザ素子用の基板 1 B を磁気へ

ッド用のアルチック基板 1 A に接合したものをを用いることができる。なお、図 1 においては一部のみを表したが、基板 1 は、同図に表されていない外側においては、レーザ素子用の基板 1 B が積層されずにアルチック基板 1 A のみの部分が殆どを占めている場合もある。すなわち、磁気記録素子部を形成するためのアルチック基板 1 A の上の限られた部分のみにレーザ素子用の基板 1 B が積層されている。

## 【 0 0 5 5 】

端面発光レーザ素子 2 については、本発明に関わる主要部のみを図示したが、第 1 のクラッド層 2 1、活性層 2 2、第 2 のクラッド層 2 3、第 2 電極 2 4、透過性部材 2 5、隔壁 2 6、開口 2 7 を有する。

## 【 0 0 5 6 】

レーザ素子 2 の材料としては、例えば、InGa<sub>N</sub>系、InAlGaAs 系などを用いることができ、InGa<sub>N</sub>系の場合、基板 1 には C 面サファイアを用いることが可能である。InGa<sub>N</sub>レーザ素子の詳細構成は、例えば基板面から順番に、Ga<sub>N</sub>バッファ層、n 型 Ga<sub>N</sub> 下部電極接合層とこれに連結し接合層と隣接配置される n 型第 1 電極、n 型 InGa<sub>N</sub>、n 型 AlGa<sub>N</sub> 格子整合層、n 型 Ga<sub>N</sub> 第 1 クラッド層 2 1、InGa<sub>N</sub> 多重量子井戸型活性層 2 2、p 型 AlGa<sub>N</sub> 格子整合層、p 型 Ga<sub>N</sub> 第 2 クラッド層 2 3、p 型 AlGa<sub>N</sub> 中間層、p 型 Ga<sub>N</sub> 上部電極接合層、p 型第 2 電極 2 4 を積層したものとすることができる。

## 【 0 0 5 7 】

レーザビームは、図 1 において、2 1、2 2、2 3 の下側端面から下向きに放出され、透過性部材 2 5 を通過し、隔壁 2 6 に設けられた開口 2 7 を通じて、媒体 4 側へ伝播する。

## 【 0 0 5 8 】

磁気記録再生素子部 3 は、例えば、記録主磁極 3 1、記録リターンパスと再生素子第 1 シールドを兼ねるポール 3 2、記録コイル 3 3、レジスト等からなる埋め込み部材 3 4、GMR 再生素子 3 5、再生ギャップ 3 6、第 2 シールド 3 7 からなる。記録コイル 3 3 は主磁極 3 1 とリターンパス 3 2 の接続部を巻く様に形成され、図 1 には示していないが、紙面上方にコイルが巻付き形成されたものと

することができる。

【 0 0 5 9 】

また、GMR再生素子部の詳細は図には示していないが、例えば、第1シールド32面から右側へ順番に、誘電体からなる下部再生ギャップ36、ハードバイアス層、NiFe/Cu/CuFe/FeMnからなるGMR素子35、Cu電極、上部再生ギャップ36、第2シールド37という構成を用いることが可能である。

【 0 0 6 0 】

記録コイル 33 に信号変調された高周波電流を通電すると、主磁極 31 から媒体 4 側へ記録磁界が供給され、媒体 4 に磁化転移部として記録される。また、このように媒体 4 に記録された磁化転移部からの信号磁界は、GMR 素子 35 で再生することができる。

【0061】

媒体 4 は、媒体基板 4 1 の両面もしくは片面上に磁性媒体膜部 4 2 を有する。媒体基板 4 1 としては、ガラス、S i、A l P コート付 A l 合金を用いることができる。図 1 において、媒体は左側から右側へ移動する。従って、図面に向かって左側が「リーディング側」、右側が「トレーリング側」と定義される。磁性媒体膜部 4 2 の詳細は、媒体基板 4 1 面から順番に、例えば N i F e 軟磁性裏打ち層、C o P t 垂直磁化記録層、C 保護層、潤滑層とすることができる。

【 0 0 6 2 】

このような媒体膜部 4 2 に対して、開口 2 7 から出射する光ビームにより昇温して H c 0 を低下させる。H c 0 の低下した部分は、主磁極 3 1 の下部に移動し、主磁極から発生する記録磁界によって磁化方向が決定される。垂直磁化膜を用いた場合は、媒体の磁化方向は上向きか下向きであってこれらがデジタル信号の " 1 " , " 0 " に対応して記録が実施される。

【 0 0 6 3 】

記録後、媒体は冷却しながらトレーリング側へ移動し、室温では十分に大きな  $k_B T \gg \mu_B B$  値を示し記録安定性が保証される。上向き磁化と下向き磁化の境界部（磁化転移部）から信号磁界が発生する。この信号磁界の向きによって GMR

再生素子35の磁化回転膜の磁化の向きが変化し、電気抵抗が変化して最終的に電圧変化として信号が再生される。

【0064】

図1に例示したような本発明の構成は、その製造も容易であるという利点を有する。

【0065】

図1の構成の熱アシスト磁気記録装置は、例えば以下の手順で作成することが可能である。まず、アルチック基板 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$ ) とサファイア基板とを接合する。具体的には、両者の接合面に、Au, Ag, Cu, Sr, PbOなど、レーザ素子の成長温度よりも融点が高い金属をコートし、接合面同士を接触させて必要に応じて圧力を印加し、接合金属の融点付近に加熱すると、金属が溶融して接合が完了する。接合温度と圧力条件によっては、接合部に金属を配さずとも、固相拡散によって接合が可能である。

【0066】

次に、サファイア基板上に、代表的にはMOCVD (metal-organic chemical vapor deposition: 有機金属化学気相成長) 法によりレーザ素子2を成長する。用いる有機金属化合物原料ガスは、トリメチルガリウム、窒素もしくはアンモニアもしくは笑気ガス、トリメチルインジウム、トリメチルアルミニウムを例示することができ、各層の構成元素と組成比に合わせて導入ガスの成分と比率を調整する。

【0067】

電極層としてはAl, Cu, Auあるいはそれらの合金を適宜用いることができ、成膜はCVD法、スパッタ法が適用可能である。

【0068】

レーザ素子各層を結晶成長後、レーザ素子を島状に分離し、電極パターンを形成して後工程の実装プロセスでワイアを取付けるためのパッド部を形成しておく。レーザ素子の島状分離は、例えば、塩素系ガス ( $\text{Cl}_2$ ,  $\text{BCl}_3$  など) もしくはメタン系ガスを用いたRIE法で実施可能である。

【0069】

次に、レーザ素子の発光面と発光面と反対側の面に反射膜をコートし共振器部を形成する。反射膜コートは斜めスパッタ法、フレイムメッキ法を適用することができる。次に透過性部材として例えば、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{ZnS}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{BN}$ 、もしくは有機膜をCVD法、スパッタ法などで形成し所定の形状に例えばRIE加工する。所定の形状とは、記録主磁極先端部が開口に近接して配置される様な形状を意味する。

## 【 0 0 7 0 】

次に、透過性部材 2 5 の上に斜めスパッタ法もしくはフレイムメッキ法により隔壁 2 6 を形成する。隔壁 2 6 としては $\text{Au}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Al}$ 、 $\text{TiN}$ など用いるレーザ波長に合わせて高反射率材料を用いるのが良く、本具体例のような青色レーザの場合には、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Al}$ 及びそれらの合金が選択されるのが良い。 $\text{AlInGaAs}$ 系の赤色レーザの場合は、これらに加えて $\text{Au}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{TiN}$ などを用いても良い。

## 【 0 0 7 1 】

次に、隔壁のレーザビーム強度の高い位置に光学開口 2 7 を例えば斜めFIB加工で形成する。開口サイズは記録装置としての記録密度仕様によって異なるが、例えば数 $100\text{Gb/in}^2$ の面密度のシステムの場合、例えばトラック方向には $300-500\text{nm}$ 、トラック幅方向には $50-200\text{nm}$ とすれば良い。トラック方向の開口長は線密度には無関係で、むしろ媒体の予熱を十分に行う上では長い方が良い。レーザ光のモードはトラック幅方向に光電界が向く様にするのが、伝播損失を少なくする上で好ましい。

## 【 0 0 7 2 】

開口形成後、必要に応じて $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{AlN}$ 、 $\text{ZnS}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{BN}$ 、もしくは有機膜をCVD法もしくはコーリメーションスパッタ法により開口中に形成する。ここで各部材を形成する際には、部材が形成されるべき部分以外の部位はレジストなどで覆っておき、部材の形成が完了した後、レジストを剥離して次のプロセスに進むのが良い。

## 【 0 0 7 3 】

次に、必要に応じてレーザ素子の周囲を $\text{SiO}_2$ などで保護コートし、メッキ

用の金属シード層を形成後、記録主磁極パターンに合せてレジストフレームを形成して、NiFe, CoFeNiなどの記録磁極材料をフレーム中にメッキ成長させる。主磁極31とリターンパス32の連結部までメッキ成長させた後、記録コイル33のパターンでレジストフレームを形成し、Cuメッキ法などによりコイル部を形成する。

## 【0074】

その後、主磁極とリターンパス間連結部とリターンパスをレジストフレームメッキ法で形成し、必要に応じてリターンパスのトレーリングエッジ側の面をCMP法などで研磨する。この研磨は、この面の上にGMR素子を形成する際のGMR特性を良好にする目的でためられるもので、リターンパスのトレーリングエッジ側の面が十分に平滑であれば特に研磨を施さずとも良い。また、リターンパスとGMR再生素子の第1シールドは兼用せずに別々に設けても構わない。

## 【0075】

平坦化されたリターンパスのトレーリングエッジ側の面上に薄膜プロセスを利用してGMR再生素子部を形成する。先ず $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ , BN,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , AlN,  $\text{TiO}_2$ などの非磁性、非導電性の誘電体からなる下部再生ギャップ36を成膜し、ハードバイアス層パターンを形成、NiFe/CoFe/Cu/CoFe/FeMnからなるGMR素子35を島状パターンに形成、続いてCu電極をパターニング形成してパッド部に連結、続いて上部再生ギャップ36、第2シールド37を順次積層し、最後に $\text{Al}_2\text{O}_3$ などの保護膜をコートし、ワイアボンディングパッド部を露出させて薄膜工程を完了する。

## 【0076】

薄膜工程完了後、素子をチップ切断し、アルチック基板部をスライダー加工に供し、主磁極ポール長を所定の長さに追い込むためのデプスエンド研磨を行い、パッド部にリードワイアを取付けてスライダー工程を完了する。リードワイアは、レーザ素子に二本、記録コイル通電用に二本、GMR電極用に二本、計六本接続する。完成したスライダーを磁気ヘッドサスペンションのジンバル部に接合し、リードワイアをサスペンションの爪部で押えれば、ヘッドジンバルアセンブリが完成する。

## 【 0 0 7 7 】

次に、媒体4の作成方法の一例を説明する。媒体基板41として、ガラス、Si、NiP付きAl合金を用意し、多室マグネトロンスパッタ装置の基板ホルダーに装着し、真空排気後、各層を個別のスパッタ室で成膜する。垂直記録媒体の場合は、記録層下部に軟磁性裏打ち層が設けられる。軟磁性裏打ち層としては、NiFe、CoZrNb、CoFeNiなどが使用可能である。

## 【 0 0 7 8 】

記録層としては、CoPt、FePt、FeAuなどの高Ku材料が本発明の実施には好適であり、低ノイズ化のために磁性粒子サイズは例えば3nm程度に微細化する。微細化の方法は、記録層成膜条件（基板温度、ガス圧力など）、記録層中への微量元素の添加（Cr、Ta、Nbなど）、軟磁性層と記録層の間に薄い結晶制御用シード層（Cr、V及びそれらの合金など）の挿入、記録層形成時に磁性材料と誘電体材料（SiO<sub>2</sub>、Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、AlN、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、BN、Cなど）を同時スパッタして、誘電体マトリクス中に微細磁性粒子が分散した構造の所謂グラニューラー構造化、などを例示することができる。

## 【 0 0 7 9 】

本具体例では、グラニューラー構造を採用して、平均粒径が3nm程度の記録層を形成した。記録層に続いてC保護層をスパッタ形成して取りだし、潤滑層をコートし、必要に応じてバニッシュ工程に供すれば、本発明の熱アシスト磁気記録装置に搭載可能な磁気記録媒体が完成する。

## 【 0 0 8 0 】

媒体の特性を調べた結果、室温のKuは $5 \times 10^7$  (erg/cc)程度と十分に高く、3nmの微細粒子でも室温付近の熱擾乱耐性は十分であった。又、室温のHc0は40kOe程度と高く、室温で記録する事は不能であった。Hc0は記録膜温度上昇と共に低下し、250-300℃で、記録磁界強度程度（10kOe）に低下した。

## 【 0 0 8 1 】

上記した構成のレーザ素子一体型磁気ヘッドと、磁気媒体をスピンスタンドタイプの磁気記録再生評価機に設置して、記録試験を試みた所、レーザ光出力が1



0 mW程度で飽和記録特性が得られると共に、記録特性の安定性、再現性も良好であった。

【0082】

次に、本発明の熱アシスト磁気記録装置の全体構成を説明する。

【0083】

図1に例示したような記録再生ヘッド部は、例えば、記録再生一体型の磁気ヘッドアセンブリに組み込まれ、熱アシスト磁気記録装置として実現される。

【0084】

図2は、このような磁気記録装置の概略構成を例示する要部斜視図である。すなわち、本発明の熱アシスト磁気記録装置150は、ロータリーアクチュエータを用いた形式の装置である。同図において、長手記録用または垂直記録用磁気ディスク200は、スピンドル152に装着され、図示しない駆動装置制御部からの制御信号に応答する図示しないモータにより矢印Aの方向に回転する。磁気ディスク200は、長手記録用または垂直記録用の記録層を有し、さらに、その上に積層された軟磁性層とを有する「キーパードメディア」の構成を有しても良い。磁気ディスク200は、磁気ディスク200に格納する情報の記録再生を行うヘッドスライダ153は、薄膜状のサスペンション154の先端に取り付けられている。ここで、ヘッドスライダ153は、図1に表した記録再生ヘッド部をその先端付近に搭載している。

【0085】

磁気ディスク200が回転すると、ヘッドスライダ153の媒体対向面（ABS）は磁気ディスク200の表面から所定の浮上量をもって保持される。

【0086】

サスペンション154は、図示しない駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム155の一端に接続されている。アクチュエータアーム155の他端には、リニアモータの一種であるボイスコイルモータ156が設けられている。ボイスコイルモータ156は、アクチュエータアーム155のボビン部に巻き上げられた図示しない駆動コイルと、このコイルを挟み込むように対向して配置された永久磁石および対向ヨークからなる磁気回路とから構成され

る。

【0087】

アクチュエータアーム155は、固定軸157の上下2箇所に設けられた図示しないボールベアリングによって保持され、ボイスコイルモータ156により回転摺動が自在にできるようになっている。

【0088】

図3は、アクチュエータアーム155から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。すなわち、磁気ヘッドアッセンブリ160は、例えば駆動コイルを保持するボビン部などを有するアクチュエータアーム151を有し、アクチュエータアーム155の一端にはサスペンション154が接続されている。

【0089】

サスペンション154の先端には、図1に関して前述した記録再生ヘッド部を具備するヘッドスライダ153が取り付けられている。サスペンション154は信号の書き込みおよび読み取り用のリード線164を有し、このリード線164とヘッドスライダ153に組み込まれた磁気ヘッドの各電極とが電氣的に接続されている。図中165は磁気ヘッドアッセンブリ160の電極パッドである。

【0090】

図4は、本発明の熱アシスト磁気記録装置の全体構成を例示するブロック図である。図4において、I<sub>o</sub>は発光素子駆動入力、I<sub>s</sub>は信号入力、O<sub>s</sub>は信号出力、201は発光素子駆動回路系、202はヘッドに内蔵された発光素子、203はECC（誤り訂正コード）附加回路系、204は変調回路系、205は記録補正回路系、206はヘッドに内蔵された記録素子部、207は媒体、208はヘッドに内蔵された再生素子部、209は等価回路系、210は復号回路系、211は復調回路系、212はECC回路系である。

【0091】

本発明の熱アシスト磁気記録装置は、従来の磁気ディスク装置に、発光素子駆動入力I<sub>o</sub>、発光素子駆動回路系201、発光素子202が附加されたブロック構成を為す点、図1に例示したような独特の記録再生ヘッド部が設けられた点が

特徴である。

【 0 0 9 2 】

発光素子駆動入力はレーザ素子へのDC電圧の供給で構わず、発光素子駆動回路系は特に設けずに発光素子をDC駆動しても構わない。変調回路の出力に同期させてパルスの的に駆動しても良く、パルス駆動の方が回路構成は複雑化するが、レーザの寿命を長期化する上では好ましい。ECC附加回路系203とECC回路系212は特に設けなくても構わない。変復調の方式、記録補正の方式は自由に選定することが可能である。

【 0 0 9 3 】

媒体への情報入力は、発光素子部202からの光照射と、この光照射でHc0が低下している媒体位置に、記録素子部206から記録信号変調された記録磁界を印加することにある。記録情報が媒体面上の磁化転移列として形成される点は従来の磁気記録装置と同等である。この時に、図1に関して前述したように本発明によれば、加熱のためのレーザ光と記録ヘッドの主磁極先端とを極めて近接させることができるので、媒体を高速で走行させた場合でも、加熱と磁気書き込みとを最適なタイミングで行うことができる。つまり、超高密度の磁気記録を超高速に行うことが可能となる。

【 0 0 9 4 】

磁化転移列から発生する媒体からの漏洩磁界を信号磁界として再生素子部208が検出する。再生素子部はGMR型が典型的であるが、通常のAMR (anisotropic magnetoresistance) 型でも良く、将来的にはTMR (tunneling magnetoresistance) 型を採用しても良い。

【 0 0 9 5 】

また、本発明の熱アシスト磁気記録装置において用いる記録媒体は、いわゆるハードディスクには限定されず、その他フレキシブルディスクや磁気カードなどの磁氣的記録が可能なあらゆる媒体を用いることができる。光ディスクと磁気ディスクとを組み合わせたものを用いることも可能である。

【 0 0 9 6 】

さらに、本発明の熱アシスト磁気記録装置は、磁気記録のみを実施するもので

も良く、記録・再生を実施するものでも良い。磁気ヘッドと媒体との位置関係についても、いわゆる「浮上走行型」でも「接触走行型」でも良い。さらに、記録媒体を磁気記録装置から取り外し可能とした、いわゆる「リムーバブル」の形式の磁気記録装置であっても良い。

## 【 0 0 9 7 】

## (第 2 の実施の形態)

次に、本発明の第 2 の実施の形態として、熱源素子の基板上に予め熱源素子としての端面発光レーザ素子を形成した後に、磁気ヘッド基板上に熱源素子基板を接合する構成について説明する。

## 【 0 0 9 8 】

本実施形態における熱アシスト磁気記録装置の要部構成は、図 1 に表したものと同様である。また、その素子製造工程の殆どは前記した第 1 実施形態と同様とすることができる。従って、ここでは第 1 実施形態と異なる部分、即ち接合材料と方法についてのみ説明する。

## 【 0 0 9 9 】

まず、第 1 実施形態と同様の方法で熱源素子 2 を熱源素子基板 1 B に成長させて島状分離する。例えば、サファイア基板上に窒化ガリウム系の材料からなるレーザ素子を形成し、島状に分離する。但し、島状分離工程は、後の基板接合工程の後に行っても良い。

## 【 0 1 0 0 】

島状分離後、リセス部 2 5、隔壁部 2 6 の形成を行う。但し、このリセス部と隔壁部の形成工程は、次に説明する基板接合工程の後に行っても構わない。

## 【 0 1 0 1 】

次に、この熱源素子 2 の形成された基板 1 B の裏面に、例えば I n, S n, P b, T e, G a もしくはそれらの合金などの比較的、低融点の金属接合層を設ける。磁気記録素子基板 1 A の接合面にも同種接合層を設けた後に、接合面同士を貼り合せて基板 1 A と 1 B とを溶融接合する。ここで、接合面への金属接合層の形成はどちらか片側にのみ行っても良い。

## 【 0 1 0 2 】

しかる後に、レーザ素子 2 の上に磁気記録素子部 3 を形成する。この工程の詳細は、第 1 実施例に関して前述したものと同様とすることができる。

#### 【0103】

本実施形態によれば、レーザ素子用の基板 1 B の上に予めレーザ素子 2 を形成できるので、従来のレーザ素子の製造工程及び製造装置をそのまま流用できるという利点がある。また、磁気ヘッド用の基板 1 A をレーザ素子の半導体成長装置などに導入する必要がなくなり、装置の汚染なども容易に回避できる。

#### 【0104】

##### （第 3 の実施の形態）

次に、本発明の第 3 の実施の形態として、熱源素子の薄膜工程と、磁気記録素子の薄膜工程を独立に実施した後、これらの素子を自己整合的に接合するハイブリッドプロセスの実施形態を説明する。

#### 【0105】

熱源素子（半導体レーザ）と磁気記録素子各々の薄膜工程は、第 1 実施形態に関し前述したものとほぼ同等であるが、磁気記録素子の形成の順序は、基板側から再生素子部、記録素子部の順番とし、磁気記録素子の最表面に記録主磁極が配される構成とした。完成した素子構造は、図 1 と同等であるが、リーディング側からトレーリング側へ向けた配置が逆転する構成となる。

#### 【0106】

本実施例を特徴付ける点は、自己整合的な接合プロセスにあるので、そのプロセスについて以下に説明する。自己整合パターンは、素子機能上重要な部分、例えば主磁極近傍、レーザ発光素子主要部は避けて、素子間の分離領域に設けるのが好ましい。

#### 【0107】

図 5 は、各素子の構成と素子間に設けられる自己整合的なパターンの一例を素子形成方向上面から見た図である。すなわち、図 5（a）は磁気記録素子の配置構成例を示す図、図 5（b）は磁気記録素子一つの拡大図、図 5（c）はレーザ素子の配置構成例を示す図、図 5（d）はレーザ素子一つの拡大図である。図 5（a）において、11 は磁気記録素子基板、3 は磁気記録素子、51 は第 1 の

自己整合的接合部をそれぞれ表す。また、図 5 (b) において、3 1 は記録主磁極部、3 2 はリターンパス部、3 3 は記録コイル部、3 8 1, 3 8 2, 3 8 3, 3 8 4 は電極部をそれぞれ表す。また、図 5 (c) において、1 2 はレーザ素子基板、2 はレーザ素子、5 2 は第 2 の自己整合的接合部をそれぞれ表す。また、図 5 (d) において、2 3 は第 2 のクラッド層部、2 4 は第 2 の電極部、2 5 1 はリセス部の主要部、2 5 2 はリセス部中心に設けられ主磁極が埋設される凹部、2 6 は隔壁部、2 7 は光学開口部、2 8 は第 1 の電極部をそれぞれ表す。活性層 2 2 は、図面上でクラッド層 2 3 の奥側に設けられている。ここで、図 1 に表したものと同一の機能を有する要素には、同一の符号を付した。

#### 【0 1 0 8】

本実施形態においては、まず、第 1 実施形態で説明した磁気記録素子形成プロセスに従って、磁気記録素子基板 1 1 上に磁気記録素子 3 を形成する。素子の構造は、図 5 (b) に表したように、上面から主磁極、記録コイルを介してリターンパス、その下部に GMR 再生素子部が埋設された構成であり、主磁極先端とリターンパス先端の間は図 1 に示した形状で埋め込み部 3 4 が形成されている。電極 3 8 1 ~ 3 8 4 は、記録コイル通電用の 2 本の電極と GMR 再生素子用の 2 本の電極を表わし、コンタクトパッドに連結されている。

#### 【0 1 0 9】

一方のレーザ素子 2 は、図 5 (d) に表したように、レーザ素子基板 1 2 上に、前記した磁気記録素子と整合するように配置される。ここで、ヘッド素子と整合するように、というのは、二つの素子を自己整合的に接合した後に、レーザ素子に設けられた凹部 2 5 2 に、ヘッド素子の記録主磁極先端部 3 1 が埋め込まれることを表わしている。

#### 【0 1 1 0】

磁気記録素子とレーザ素子とを整合性良く形成した後、これらの素子の高さ調整を行い、レーザ素子に設けられた凹部 2 5 2 に、ヘッド素子の記録主磁極先端部 3 1 が埋め込まれるようにする。高さ調整は、具体的には例えば、レジスト埋め込み、もしくは誘電体埋め込みによって行う。この必要に応じて設けられる埋め込み部に、第 1 の自己整合的接合部 5 1 と、第 2 の自己整合的接合部 5 2 を同

じマスクを用いた P E P 工程により形成する。自己整合的接合部の配置、形状には特に制約はないが、図 5 ( a ) あるいは ( c ) に表したように各素子間の分離領域に設けるのが、素子機能上もプロセスの利便性上も好ましい。

#### 【 0 1 1 1 】

最後に、2つの素子基板 1 1 及び 1 2 を、素子が設けられている面同士を対向配置させ、例えばウェーハ端部に設けられた比較的大きな接合パターンを目印にして、慎重に二つの素子を接合し、必要に応じて圧着するなどすれば、図 1 の断面構造の素子が完成する。

#### 【 0 1 1 2 】

##### (第 4 の実施の形態)

次に、本発明の第 4 の実施の形態として、レーザ素子 2 の前方に設けられる透過性部材 2 5 に集光機能を付与した構成について説明する。

#### 【 0 1 1 3 】

本発明においては、例えば、第 1 実施形態に関して前述したように、端面発光型のレーザ素子 2 を形成した後に、そのリセス部に S i O 2 などの透過性部材 2 5 を形成する。この際に、透過性部材 2 5 に集光作用を付与すれば、レーザ素子 2 から放出されるレーザ光の利用効率を上げることができる。

#### 【 0 1 1 4 】

集光作用を付与する方法としては、例えば、透過性部材に屈折率の分布を設ける方法がある。

#### 【 0 1 1 5 】

図 6 ( a ) は、図 1 に表した熱アシスト磁気記録装置の透過性部材 2 5 の周囲を表す要部拡大図である。また、図 6 ( b ) は、透過性部材 2 5 の矢印 S に沿った方向の屈折率分布を表すグラフ図である。

#### 【 0 1 1 6 】

すなわち、透過性部材 2 5 に、レーザ光 B の光軸をピークとする屈折率分布を設けると、レーザ光を開口 2 7 に集光して利用効率を大幅に向上させることが可能となる。

#### 【 0 1 1 7 】

透光性部材 2 5 にこのような屈折率分布を付与する方法としては、例えば、透光性部材 2 5 を、屈折率が徐々に変化する多数の層の積層体とする方法がある。すなわち、図 6 ( a ) において矢印 S の方向に沿って透光性部材 2 5 を堆積する際に、屈折率が低い材料から開始して、活性層 2 2 の位置で屈折率が最も高くなり、その後屈折率が低くなるように適宜材料を調節しながら積層する。透明で屈折率が低い材料としては、M g F や C a F などがあり、中間的な屈折率を有する材料としては S i O <sub>2</sub> があり、屈折率が高い材料としては S i N 、 T i O 、 Z n S などがある。

#### 【 0 1 1 8 】

このような材料を適宜選択して積層することにより、図 6 ( b ) に表したような屈折率分布を得ることができる。

#### 【 0 1 1 9 】

一方、C V D 法などにより透過性部材 2 5 を堆積する際に、その材料の組成を順次変化させたり、添加元素の種類や添加量を順次変化させることによって、図 6 ( b ) に表したような屈折率分布を得ることができる。例えば、レーザ素子 2 を形成した後に、その成長基板 1 B の上に、例えば、再度 M O C V D 法により透過性部材 2 5 を形成する。この材料としては、レーザ光 B に対して透明な半導体などを用いることができ、例えば、レーザ光 B の波長が 6 5 0 n m の場合には、それよりも光学的バンドギャップが広い I n G a N などを用いて透過性部材 2 5 を形成することができる。この時に、その組成やドーパント量を順次変化させながら堆積することにより、屈折率分布を設けることができる。例えば、一般的にドーパントの添加量が多いと屈折率は高くなる傾向があるので、基板 1 B から堆積を開始した場合に、活性層 2 2 の位置でドーパントの添加量がピークとなるように調節すれば良い。

#### 【 0 1 2 0 】

また、以上説明した方法によれば、図 6 において矢印 S の方向に沿った屈折率の分布を実現することができるが、これと垂直な方向の屈折率を変化させることはできない。そこで、上述したように透光性部材 2 5 を堆積する際に、レーザ光 B の光軸中心付近に屈折率のピークが設けられるように、イオン注入を施したり



、マスク堆積を実施したりして、透光性部材 2 5 に対して、矢印 S と垂直な方向にも屈折率分布を設けることができる。

【 0 1 2 1 】

以上、具体例を参照しつつ本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。

【 0 1 2 2 】

例えば、前述した具体例においては、加熱源として端面発光レーザー素子を用いる構成について説明したが、本発明は、端面発光素子に限定されず、加熱源としては、面発光素子や電子ビームエミッターなども同様に用いることができる。

【 0 1 2 3 】

加熱源として面発光レーザー素子を用いる場合には、プラナー構造の磁気ヘッドに適用するのが製造上好ましい。その一例を説明すると、磁気記録素子基板に面発光レーザー素子を成長する基板を接合した後、レーザー素子を結晶成長させて島状分離する。面発光レーザーでは成長面が発光面になるので、島状分離の際の R I E 加工精度に対する要求は厳しくない。島状分離後、素子間を適当な埋め込み部材で埋め込み、発光面から A B S (air bearing surface) 面 (媒体対向面) までのリセス領域を  $\text{SiO}_2$  のテーパ状の島で形成する。光利用効率を高めるためには、発光面付近に、薄膜レンズを形成しておくのが良い。リセス領域の A B S 面には必要に応じて隔壁と光学開口を設ける。リセス部のテーパ状側壁部の一方 (垂直記録の場合)、もしくは両方 (長手記録の場合) に記録主磁極を配置し、側壁長をポール長とする。素子の形成は上記した様に基板接合後モノリシックに実施する他、前記実施例に述べた残る二通りの方法も実施可能である。

【 0 1 2 4 】

一方、加熱源として電子ビームエミッターを用いる場合には、例えば C, Si, Ta などからなるエミッターコーン先端を主磁極から必要に応じてリセスさせ、記録ヘッドの主磁極をせり出させて電子ビームに近接させる構造とする。

【 0 1 2 5 】

また、本発明により、磁気素子基板と電子ビームエミッター基板を接合する形態だけでも十分に効果的である。具体的には、例えば Si の面方位によるエッチ

ング選択性を利用してエミッターコーンアレーを用いる場合、アルチックの様な磁気ヘッド基板そのままではエミッターアレーの作成は困難であるが、アルチック上にSi単結晶ウェファアを接合すれば、所定のエミッターコーンを簡単に形成することが可能となる。

#### 【0126】

また、電子ビームエミッターをリセスさせると、エミッター先端部とABS面との間に、電子ビーム放出量を制御するためのゲート電極を配することができるので、エミッターに印加する電圧以外にゲート電圧による放出量制御が可能となり、動作環境温度変動、線速変動などに対する動作安定性が向上する。

#### 【0127】

また、リセス部にメタル電極パターンからなる電子レンズを設ける事も可能足らしめるので、電子ビームサイズの制御性が向上する他、電子ビームの利用効率を改善することも可能となる。

#### 【0128】

##### 【発明の効果】

以上詳述したように、本発明によれば、レーザ素子などの加熱源を媒体からリセスさせ、記録磁極の先端をその前方にせり出させるという独特の構成により、媒体の加熱と磁気記録とを最適のタイミングで行うことができる。

#### 【0129】

つまり、熱アシスト磁気記録装置において、熱源特に高出力の端面発光レーザ素子の放射エネルギーを損うことなく、熱線照射位置と記録磁界印加位置を近接配置できるため、室温付近では巨大Kuを有し磁気記録が困難な媒体に対しても、効率良くかつ安定性良く記録を行うことが可能となる。

#### 【0130】

すなわち、本発明によれば、現行の室温記録方式の磁気記録装置が抱えている、媒体ノイズ低減化（磁性粒子微細化）、媒体熱擾乱耐性確保（高Ku化）、記録感度確保（低Hc0化）のトレードオフの問題を解決することができる。

#### 【0131】

さらに、媒体を高速に走行させる場合にも、確実に熱アシスト磁気記録を行う

ことが可能となり、超高密度で超高速の熱アシスト磁気記録装置を実現することができ、産業上のメリットは多大である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態にかかる熱アシスト磁気記録装置の要部構成を概念的に表す断面図である。

【図 2】

本発明の熱アシスト磁気記録装置の概略構成を例示する要部斜視図である。

【図 3】

アクチュエータアーム 1 5 5 から先の磁気ヘッドアセンブリをディスク側から眺めた拡大斜視図である。

【図 4】

本発明の熱アシスト磁気記録装置を例示するブロック図である。

【図 5】

ヘッド部を構成する各素子の構成と素子間に設けられる自己整合的パターンの一例を素子形成方向上面から見た図である。

【図 6】

図 6 (a) は、図 1 に表した熱アシスト磁気記録装置の透過性部材 2 5 の周囲を表す要部拡大図である。また、図 6 (b) は、透過性部材 2 5 の矢印 S に沿った方向の屈折率分布を表すグラフ図である。

【符号の説明】

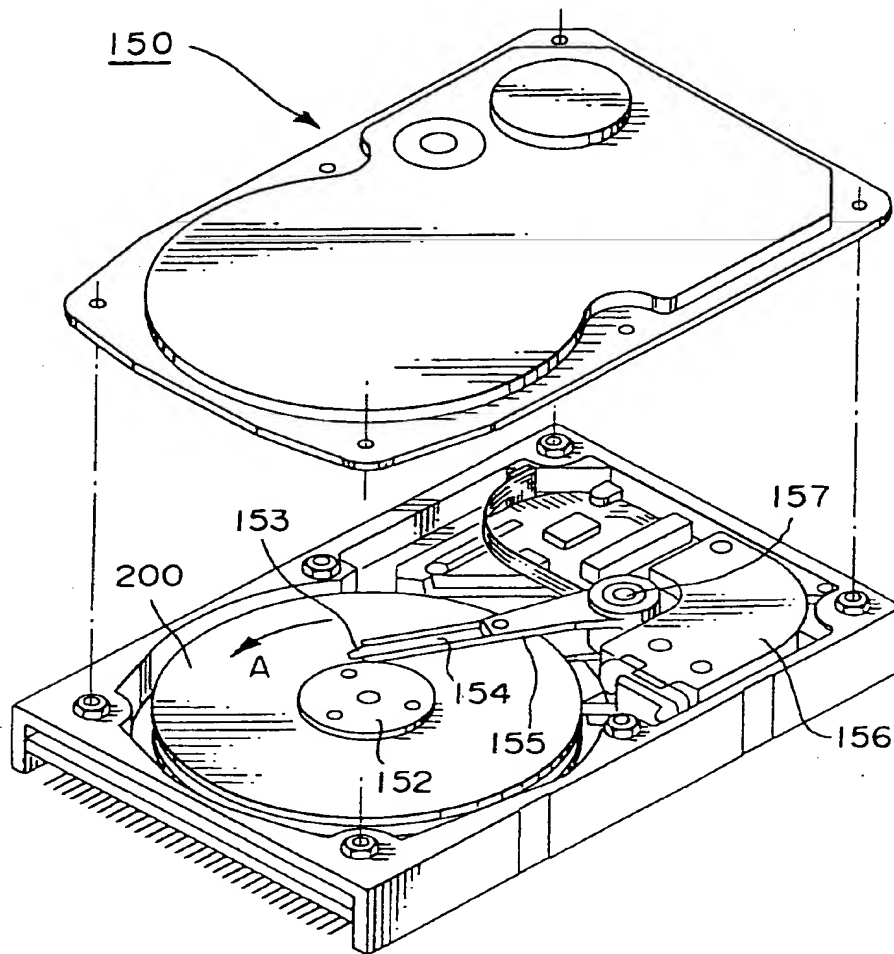
- 1 光・磁気一体型ヘッド素子の基板
- 2 レーザ素子部
- 3 磁気記録再生素子部
- 4 磁気媒体部
- 2 1 第 1 のクラッド層
- 2 2 活性層
- 2 3 第 2 のクラッド層
- 2 4 第 2 電極

- 2 5 透過性部材
- 2 6 隔壁
- 2 7 開口
- 3 2 ポール
- 3 3 記録コイル
- 3 4 埋め込み部材
- 3 5 GMR再生素子
- 3 6 再生ギャップ
- 3 7 第2シールド
- 4 1 媒体基板
- 4 2 磁性媒体膜部
- 1 5 0 熱アシスト磁気記録装置
- 1 5 2 スピンドル
- 1 5 3 ヘッドスライダ
- 1 5 4 サスペンション
- 1 5 5 アクチュエータアーム
- 1 5 6 ボイスコイルモータ
- 1 6 0 磁気ヘッドアセンブリ
- 2 0 0 媒体 (磁気記録ディスク)
- I o 発光素子駆動入力
- I s 信号入力
- O s 信号出力
- 2 0 1 電子放出源駆動回路系
- 2 0 2 電子放出素子
- 2 0 3 E C C (誤り訂正コード) 附加回路系
- 2 0 4 変調回路系
- 2 0 5 記録補正回路系
- 2 0 6 記録素子部
- 2 0 7 媒体

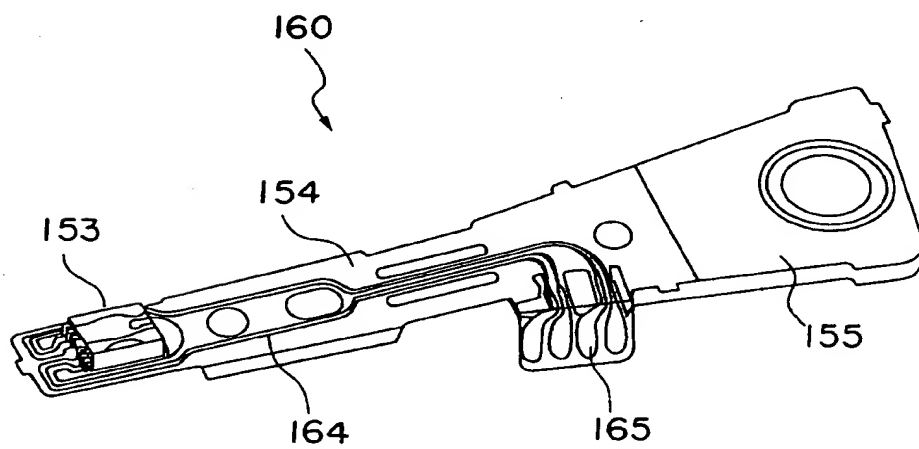
- 2 0 8 再生素子部
- 2 0 9 等価回路系
- 2 1 0 復号回路系
- 2 1 1 復調回路系
- 2 1 2 E C C 回路系



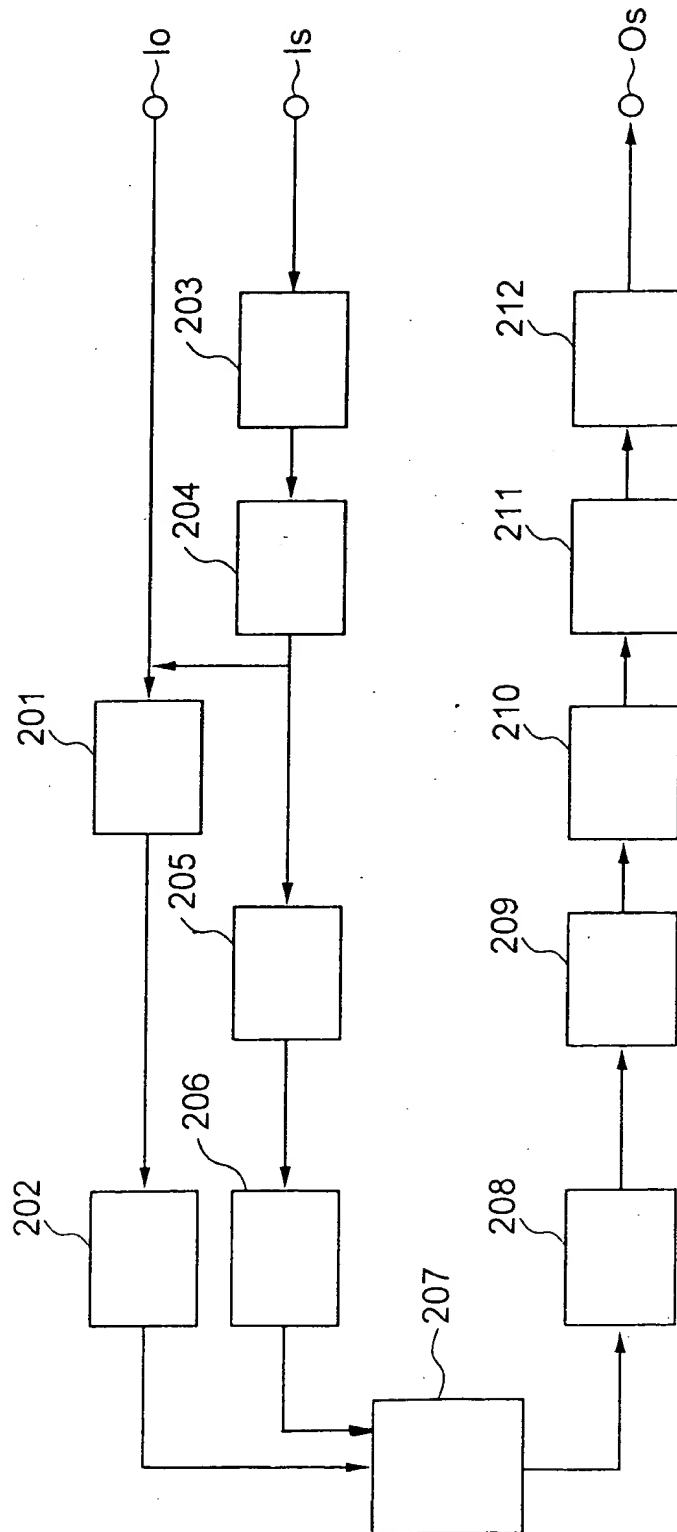
【図 2】



【図 3】

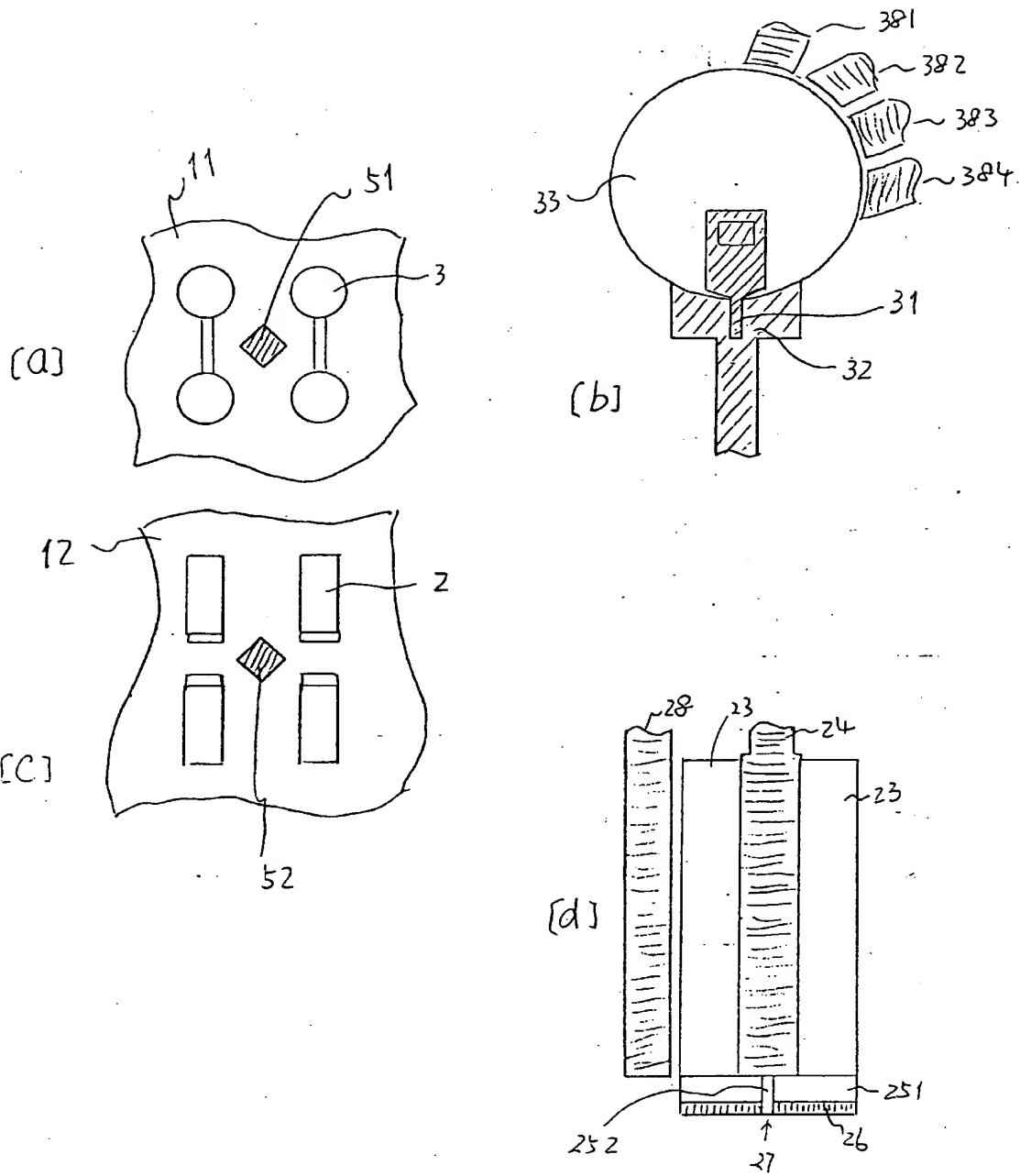


【図4】

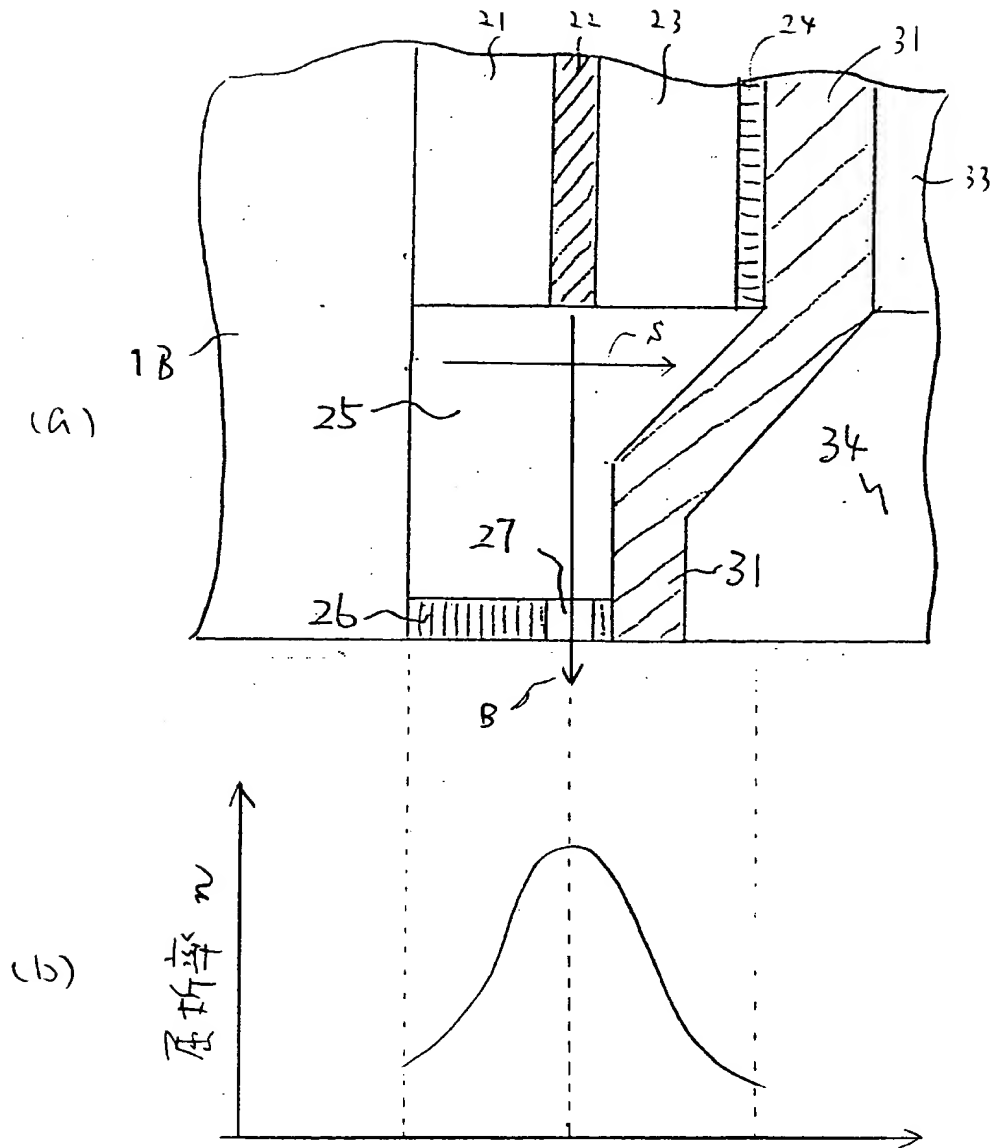




【図 5】



【図6】



【書類名】 要約書

【要約】

【目的】 媒体を加熱するに足るエネルギー密度を損うことなく、加熱ビームと記録磁極を近接配置可能な構造を有する熱アシスト磁気記録装置及びその製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 レーザ素子などの加熱源を媒体からリセスさせ、記録磁極の先端をその前方にせり出させるという独特の構成により、媒体の加熱と磁気記録とを最適のタイミングで行うことができる。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日 1990年 8月22日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地  
氏 名 株式会社東芝